

LABORATORIOS SENCILLOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL NIVEL UNIVERSITARIO BÁSICO

A. Ovejero, M. Condorí.

INENCO, Instituto de Investigación en Energía No Convencional. (UNSa-CONICET)

Universidad Nacional de Salta,

Avda. Bolivia 5150, CP 4400, Salta, Argentina.

Te: 54-387-4255424, Fax: 54-387-4255489, e-mail: ovejero@inenco.net

RESUMEN: En este trabajo se muestran algunos ensayos de laboratorio que fueron pensados para la enseñanza de Energías Renovables destinados a alumnos de primer año de la carrera Licenciatura en Energías Renovables. En los laboratorios, se pretende que los alumnos, armen experiencias sencillas con materiales de bajo costo, conozcan la aplicación de las mismas y aprendan a utilizar instrumentos básicos de medición para la toma de datos. Con las experiencias realizadas, se logró que los alumnos conozcan las distintas alternativas que ofrecen las energías renovables a la actual problemática energética mundial y de contaminación ambiental por el uso de energías convencionales y desarrollen un pensamiento crítico y reflexivo frente a la crisis ambiental que vivimos. En función del grado de participación de los alumnos en las actividades propuestas, se puede concluir que la utilización del eje pedagógico “hágalo usted mismo – ensáyelo - aprenda como funciona - transfiera el conocimiento”, con el que se orientaron estos laboratorios fueron altamente estimulantes.

Palabras clave: enseñanza, laboratorio, bajo costo, energías renovables.

INTRODUCCION

Las actitudes que desarrolla la educación ambiental promueven la toma de conciencia sobre la búsqueda de un desarrollo sostenible enfocado a la protección del medio ambiente. Las capacidades, por su parte, permiten analizar críticamente el entorno social y natural, y participar en la búsqueda de opciones para enfrentar los problemas. La educación ambiental y, en particular la educación en energías no convencionales a nivel universitario, debe cumplir un importante papel en la generación de nuevos profesionales dedicados a estudiar estos problemas desde perspectivas amplias, teniendo en cuenta tres criterios básicos para encarar la perdurabilidad de la vida: el reciclaje y renovación, la conservación y la aplicación de criterios de renovabilidad respecto del uso de los recursos naturales.

Los laboratorios que aquí se presentan son parte de la materia Introducción a las Energías Renovables y están destinados a alumnos de primer año de la carrera Licenciatura en Energías Renovables.

Ubicación de la materia en el plan de estudio de la carrera

La materia se dicta en el segundo cuatrimestre del primer año de la carrera de Licenciatura en Energías Renovables, plan 2005, en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta. Se dicta sólo para esta carrera, en forma simultánea con Análisis Matemático I y ALGA. Para cursarla, los alumnos deben haber regularizado un curso introductorio de Física, en donde entre otros temas, se le impartieron conceptos de termometría y de transmisión de calor. El alumno también cuenta con un curso de introducción a las matemáticas.

Características de la materia

Introducción a las Energías Renovables es la primera materia específica de la carrera, que se dictó por primera vez en el año 2005, la misma tiene como objetivos:

- *Proporcionar una introducción a las problemáticas de energética mundial y de contaminación ambiental por el uso de las energías convencionales.*
- *Proporcionar una introducción sobre las energías renovables.*
- *La construcción y ensayo de equipos demostrativos del uso de las energías renovables.*

Es una materia introductoria con los siguientes contenidos: conceptos de la energía, la problemática energética, la problemática medioambiental debido al uso de combustibles convencionales, la situación en la Argentina, distintas estrategias para solucionar las problemáticas mencionadas, como el uso racional de la energía y la mayor participación de recursos renovables en la matriz energética. Finalmente se realiza una presentación de contenidos de las energías alternativas con mayor énfasis en la energía solar, la energía eólica, la microhidráulica y la bioenergía. Complementariamente se entrena al alumno en la investigación de bibliografía y confección de monografías sobre temas específicos de la materia. También se incluyen talleres de construcción y ensayo de equipos sencillos de utilización de energías renovables.

La materia tiene asignada seis horas semanales y se dicta con la metodología teórico-práctico. Se puede aprobar por promoción. Para promocionar la materia se requiere que el alumno apruebe dos monografías individuales, una sobre la

problemática energética en la Argentina y otra sobre una de las fuentes renovables de energía. También debe tener aprobado todos los trabajos de talleres y prácticas propuestas.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados, se confeccionaron guías prácticas a través de las cuales los alumnos analizaban los diferentes problemas energéticos y ambientales que se presentan en el actual mundo en que vivimos, desarrollando un pensamiento crítico reflexivo. En forma paralela, se desarrollaron los ensayos de laboratorio a través de los cuales fueron tomando contacto con algunas de las posibles soluciones a las problemáticas planteadas.

Las experiencias de laboratorio son sencillas. Se busca que los alumnos armen las mismas utilizando materiales de bajo costo, obtengan medidas utilizando instrumentos sencillos de medición y se vayan familiarizando con los conceptos básicos de aprovechamiento del calor, los mecanismos de transferencia de energía y el concepto de eficiencia.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Ensayo de cocinas solares

El objetivo de este laboratorio fue el armado y ensayo de algunos modelos de cocinas solares: cocina plegable, cocina tipo caja (Bernard y Kerr, 2005) y tipo parabólica (Tan, 2002).

Las mismas fueron armadas con material de bajo costo, como ser: cartón, pegamento, cinta adhesiva y papel de regalo. Dado que el cartón se puede conseguir a partir del reciclado de otras cajas, el costo de estas cocinas no supera los cinco pesos.

Los alumnos analizaron el funcionamiento de cada cocina identificando los fenómenos de transferencia de calor observados durante la experiencia, calcularon el calor útil que aprovecha el sistema térmico e interpretaron el concepto de eficiencia térmica. Con las instrucciones y los planos proporcionadas por el docente, los alumnos armaron las cocinas que se muestran en la figura 1.



Figura 1: Vista de las cocinas armadas

Los alumnos colocaron una olla oscura que contenía un litro de agua dentro de una bolsa plástica de polipropileno, en cada una de las cocinas, midieron temperatura y radiación solar sobre una superficie horizontal en intervalos de tiempo regulares. Luego, con los valores medidos determinaron la eficiencia térmica del modelo, utilizando la ecuación (1).

$$\eta = \frac{Q_u}{E_T} \quad (1)$$

en la cual Q_u es la energía útil y E_T es la energía solar recibida por el área colectora durante el intervalo de medida.

$$Q_u = m \cdot C_p \cdot (T_f - T_i) \quad (2)$$

$$E_T = A_c \cdot I \cdot (t_f - t_i) \quad (3)$$

En la Figura 2 se muestra los valores de temperatura y radiación medidos por los alumnos durante el día de ensayo de los equipos y en la Figura 3 una comparación de los valores de eficiencia en función del tiempo obtenidos para las cocinas. En la Figura 2, se puede observar que la máxima temperatura alcanzada por el agua fue de 100 °C para la cocina tipo parabólica, siguiéndole la tipo plegable con 62 °C y por último la tipo caja. Estos valores no deben ser tomados como determinantes en cuanto a una comparación del funcionamiento de las cocinas, ya que depende del cuidado puesto por parte de los alumnos, en los detalles constructivos y del proceso de medida. En la Figura 3, se observan algunos valores de eficiencia negativos debido a que al momento de la medida se nubló parcialmente, midiéndose en ese momento un salto de temperatura negativo. Es interesante desde el punto de vista pedagógico dejar que los alumnos encuentren las respuestas mediante un análisis cualitativo del balance de energía de porque “obtuvieron eficiencias negativas”. Se observan mejores valores de eficiencia

para el caso de la cocina parabólica, siguiéndole la cocina tipo caja y por último la cocina plegable. Los valores negativos de eficiencia observados se deben a que en el momento que se nubló el agua pierde calor, recuperando el mismo gradualmente una vez que las nubes se dispersaron.

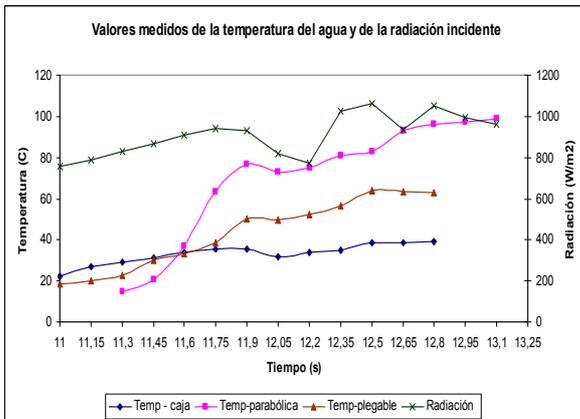


Figura 2: Valores de temperatura y radiación

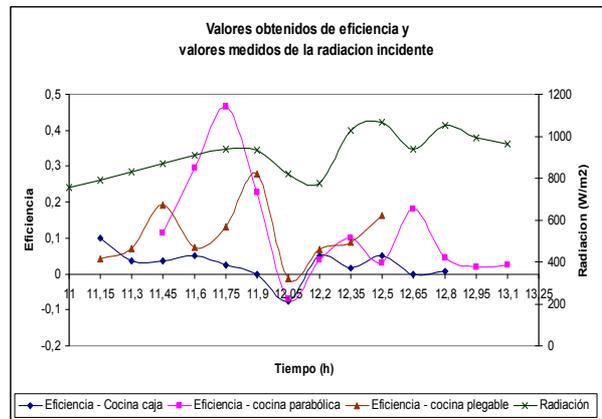


Figura 3: Valores de eficiencia obtenidos

Ensayo de un calefón solar

En este ensayo se construyó un calefón solar de bajo costo (Ravera, 2004) para generar agua caliente utilizando botellas de gaseosa y se analizó su funcionamiento. Los alumnos reciclaron botellas de gaseosas, las que están fabricadas de un material caro como el PET (Polietilén Tereftalato o Politereftalato de etileno) que es un plástico que posee una transparencia muy alta y es muy resistente, hoy usado para envasar la mayoría de las bebidas por su hermeticidad y compatibilidad con productos alimenticios. El costo de este calefón osciló alrededor de los 50 pesos.

Para su armado las botellas deben estar limpias y sin etiquetas. Con una mecha de carpintero para madera y con un taladro eléctrico se perfora el fondo de las mismas justo en su centro. El diámetro de este orificio debe ser igual al diámetro interior de la boca del envase. Con un caño negro de polietileno de 3/4 de pulgada se enhebran las botellas tratando de que el orificio ajuste perfectamente al tubo por el que se conducirá el agua. La botella actúa como un pequeño invernadero. La configuración del radiador dependerá del formato que se le quiera dar al calefón (ancho y largo).

Una vez elegido el formato, se debe pintar de negro la parte que no mira hacia el sol. La cara que mira al sol debe quedar transparente. En la Figura 4 se puede observar la disposición de las botellas las que fueron colocadas sobre una base metálica cubierta de telgopor, para evitar la pérdidas de calor. Posteriormente, los alumnos conectaron la disposición de las botellas a un tanque que sirve de suministro de agua, como se puede observar en la Figura 5. En las Figuras 6 y 7 se puede observar la disposición final del calefón armado y ensayado por los alumnos.



Figura 4 –Vista de la conexión de las botellas

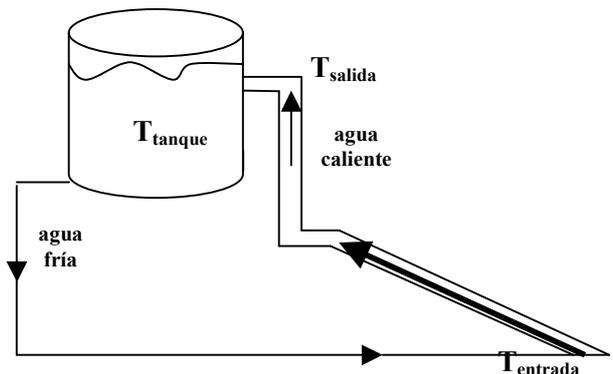


Figura 5 -Esquema de la conexión al tanque de agua

A esta versión original se le realizaron distintas modificaciones, algunas propuestas por los mismos alumnos, tendientes a mejorar su funcionamiento. Por ejemplo, en cuenta de pintar la parte de abajo de las botellas de negro se colocó papel de regalo con la cara metalizada mirando al sol de manera que trabajen como superficies reflectoras con foco en el caño de plástico negro. Otras variantes fue la colocación de aislamiento térmico en el fondo del colector, la construcción de una parrilla sin botellas pero colocando una cubierta transparente de plástico de invernadero. También se ensayó la variante de

construir la parrilla con las mangueras negras tipo serpiente para comparar su funcionamiento con una de tipo radiador original.

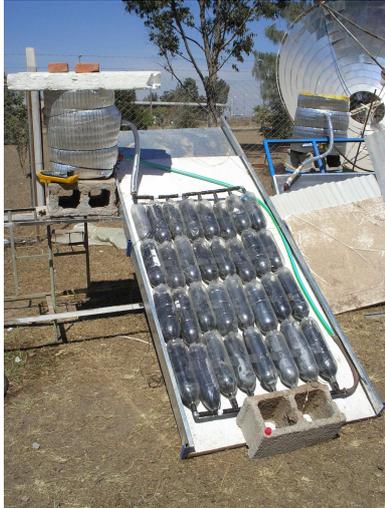


Figura 6 – Vista del calefón terminado



Figura 7- Grupo de alumnos que armaron y ensayaron el calefón solar

Los alumnos midieron con termocuplas conectadas al calentador solar de agua los valores de las temperaturas tanto de entrada como de salida del calefón y con un solarímetro la radiación solar incidente en el plano del colector. Como se puede observar en la Figura 8, se alcanzó una temperatura máxima de 45 °C en un día con cielo nublado. Finalmente con los valores medidos y con la determinación del caudal que circulaba por el calefón determinaron la eficiencia instantánea del sistema mediante la ecuación (4).

$$\eta = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{I \cdot A} \quad (4)$$

La variación de la eficiencia obtenida para el calefón se muestra en la Figura 9, en la misma se observa un máximo inicial llegando posteriormente a un valor estable que osciló alrededor del 60%.

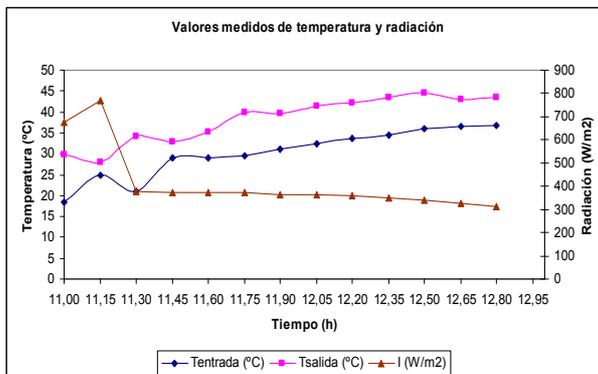


Figura 8– Valores medidos de temperatura y radiación

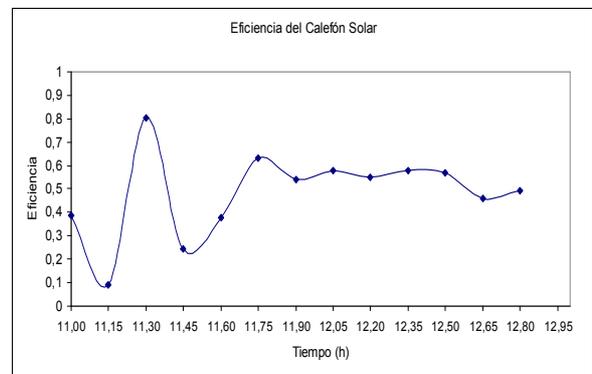


Figura 9 – Eficiencia del calefón solar

Ensayo y construcción de Secadores Solares

Secador Tipo Caja: El objetivo de este ensayo fue la construcción de un secador solar para frutas y hortalizas (diseño de S.O. Moraes, 2004), de bajo costo y uso doméstico. Sobre el diseño original también se realizaron pequeñas modificaciones que se detallan mas adelante. Este secador es de fácil construcción para lo cual se pueden utilizar diversos materiales, prefiriéndose aquellos de bajo costo y reciclables que no perjudiquen el medio ambiente. Los materiales utilizados fueron: una caja de cartón, plástico de invernadero, rejilla de plástico, placa de aislante, tela con pequeños orificios, pegamento, plástico negro, cinta adhesiva, tijera y producto seleccionado para el secado, en este caso perejil.

Los alumnos realizaron aberturas en dos de los laterales de la caja, unas en la parte superior y las otras en la parte inferior. Se coloca el producto a secar a media altura entre las aberturas sobre la malla plástica y luego se coloca como tapa la cubierta de plástico de invernadero. El aire entra por la abertura de la parte inferior de la caja, se calienta debido al efecto invernadero por lo que asciende y busca salir por la abertura superior, en el camino retira el agua de los alimentos que están en la malla plástica y sale por la abertura de la parte superior de la caja. Estas aberturas fueron cubiertas por una tela tipo tul de novia

para evitar la entrada de insectos al secador.

Además, se cubrió el interior de la caja con aislante, para disminuir la pérdida de calor por conducción, cuidando que los orificios no queden tapados por el aislante. Una vez colocado el mismo, el fondo de la caja se cubrió con plástico negro.

Los alumnos trabajaron con la tapa de la caja como se puede observar en la Figura 10, quedándose con los bordes de la misma, la que se cubrió con plástico de invernadero el cuál favorece el secado del producto que se desea obtener.

En las Figura 11 se puede observar una vista de los secadores que construyeron y ensayaron los alumnos.



Figura 10 – Vista superior del secador.



Figura 11 - Grupo de alumnos que armaron y ensayaron el calefón solar

Las modificaciones mencionadas al secador descrito fueron las siguientes: a) se reemplazó el plástico negro por papel de regalo con cara metálica reflectante. Se busca que el producto a secar haga de absorbedor de la radiación solar y en el caso que no sea absorbida, se refleje nuevamente hacia la bandeja con producto; b) se reemplazó la caja de cartón por una de plástico manteniendo el plástico negro. La caja de plástico es tipo policarbonato, con tubos alveolares, por lo que puede mejorar el aislamiento térmico de las paredes; c) en este último caso se reemplazó el plástico negro por papel de regalo.

Con la ayuda de una balanza electrónica los alumnos determinaron la variación de la masa del perejil, en la Figura 12 se muestra una comparación de los valores de la masa del perejil al haber utilizado una caja de cartón y una caja de plástico, en la misma se puede observar que al utilizar la caja de plástico la masa del perejil reduce su valor mas rápidamente al reducir las pérdidas de calor.

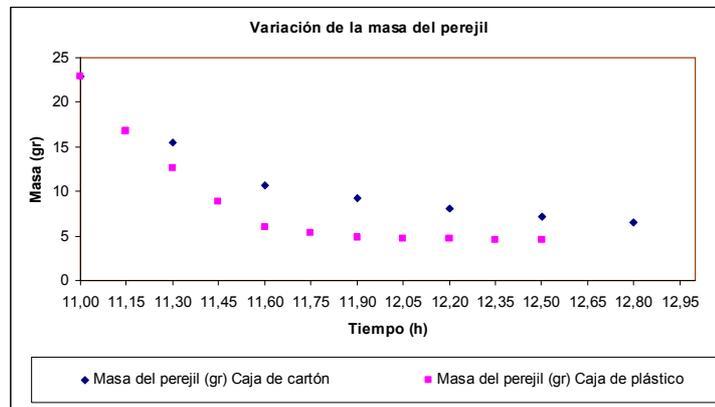


Figura 12 - Variación de la masa del perejil.

También se definió una eficiencia instantánea de secado por la ecuación (5) y se pidió a los alumnos que la determinen.

$$\eta = \frac{m.l}{I.A.\Delta t} \quad (5)$$

Secador tipo invernadero: Los alumnos construyeron otro tipo de secador solar, el de tipo de invernadero el cual se muestra en las Figuras 13 y 14. Este secador se puede construir con una armazón de madera y plástico. La cara inclinada y los laterales del secador se cubre con plástico para invernadero y se vuelve hacia el sol, el piso se cubre con plástico negro, sin orificios,

sobre el cual se coloca una malla, separada del suelo, para colocar el producto que se desea secar, los bordes del piso pueden ser de madera y deben estar protegidos con plástico hasta una altura de 0,2 m. para evitar la entrada de agua de lluvia.



Figura 13 – Construcción del secador.



Figura 14 – Vista del secador tipo invernadero.

Como se puede observar en la Figura 14, en la parte inferior del lado inclinado y de las paredes laterales se debe dejar una abertura de 0,2 a 0,3 m de altura para facilitar la entrada del aire. Se debe dejar la misma abertura en la parte superior del lado opuesto al lado inclinado, para facilitar la salida del aire. El aire que entra por la base del secador se calienta ahí mismo, lo que aumenta su potencial de secado y provoca su salida por convección natural en la parte superior. En la Figura 15 se puede observar la variación de la masa del perejil y en la Figura 16 el producto obtenido luego del proceso de secado.

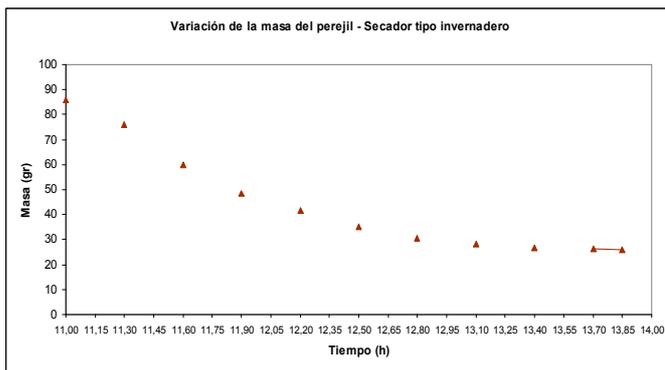


Figura 15 – Variación de la masa del perejil



Figura 16– Vista del producto obtenido

Conversión de Energía Eólica en Energía Eléctrica

El objetivo de este ensayo fue de carácter demostrativo para que los alumnos comprendan y visualicen la conversión de energía eólica en energía eléctrica. Para ello, los mismos fueron los encargados de montar el equipo mostrado en la Figura 17. Los materiales utilizados fueron los siguientes: un ventilador, un tubo largo, un extractor eólico, una dinamo, un LED, un soporte y un multímetro.

Se utilizó la fuerza del viento proporcionada por el ventilador, el viento mediante un tubo se dirige a un extractor eólico, sobre el cual se encuentra montado una dinamo. De esta manera la dinamo comienza a girar lo cual provoca que el LED conectado adecuadamente se encienda.

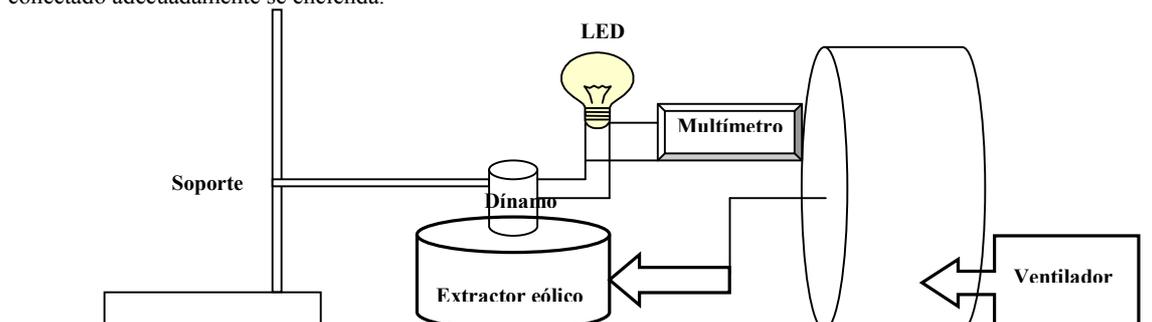


Figura 17 – Esquema del equipo ensayado

En la Figura 18 se puede observar el equipo que armaron los alumnos.



Figura 17 – Vista de la conexión del LED



Figura 18 – Vista del equipo armado

Con esta experiencia los alumnos comprendieron el funcionamiento de una dinamo y pudieron visualizar y verificar la conversión de la energía eólica proporcionada por el ventilador en energía eléctrica al encenderse el LED.

Ensayo de una celda de combustible y panel fotovoltaico

El objetivo de este ensayo fue de carácter demostrativo para que los alumnos identifiquen las distintas partes y funciones del equipo proporcionado, el cual se muestra en la Figura 19. Este es un equipo comercial que consiste de los siguientes dispositivos colocados en serie: una lámpara iluminando un pequeño panel fotovoltaico que proporciona la energía a un electrolizador, una celda de combustible trabajando en forma inversa, encargado de producir el hidrógeno, éste se acumula para luego ser utilizado por una celda de combustible que se encarga de convertirlo nuevamente en electricidad. Esto último se verifica por el funcionamiento de un pequeño ventilador al final de la cadena.



Figura 18 – Vista del equipo celda de combustible y panel fotovoltaico

Este kit demostrativo muestra en forma sencilla lo que sería el funcionamiento del ciclo de producción del hidrógeno con aprovechamiento solar por fotovoltaicos. El mismo equipo se utiliza en otra práctica de laboratorio para ensayar el funcionamiento de un panel fotovoltaico.

CONCLUSIONES

Se han elaborado distintos laboratorios sencillos implementados como complemento de un curso introductorio sobre el aprovechamiento de las energías renovables. Los mismos son accesibles para que puedan ser armados con materiales de bajo costo y fueron pensados para ser ensayados por alumnos del nivel básico universitario.

A través de estos laboratorios, los alumnos pudieron comprender y aplicar el concepto de eficiencia térmica en los ensayos

realizados, como también aplicar y visualizar los conceptos de transferencia de calor por conducción, convección y radiación en situaciones concretas. También se los motivó a proponer y ensayar mejoras en base a estos conocimientos.

En función del grado de participación de los alumnos en las actividades propuestas, se puede concluir que la utilización del eje pedagógico “hágalo usted mismo – ensáyelo - aprenda como funciona - transfiera el conocimiento”, con el que se orientaron estos laboratorios fueron altamente estimulantes.

En trabajos futuros se pretende mejorar las experiencias realizadas y proponer otros ensayos sencillos de laboratorio.

NOMENCLATURA .

A (m²): área colectora
C_p (J/kg C): calor específico
E_T (J): energía solar
I (W/m²): radiación solar
Q_u (J): calor útil
l (J/kg): calor latente
m (kg): masa
m (kg/s): caudal másico
t (s): tiempo
T(C): temperatura
η: eficiencia

REFERENCIAS

J, Sardón. A, García. J, Fernández. F, García. M, García. A, Martínez. Editorial Thomson-Paraninfo. (2003). Energías Renovables para el desarrollo. pp. 1-22, pp. 62-105. Thomson. Paraninfo. España.

V. Passamai y M. Passamai. (2002) Experiencias con cocinas solares tipo cookit de costo mínimo. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 6, N°2. ISSN 0329-5184.

S.O. Moraes. (2004). Secador Solar de Baixo Custo para Frutas y Hortalizas. Guía de Construção –Univesidade de Sao Paulo. - Depto de Ciencias Exatas. ESALQ/USD.

C.Voigt, S. Hoeller, U.Kueter. (2005). Fuel Cell Technology for Classroom Instruction. Basic Principles, Experiments, Work Sheets. First Edition. pp. 12-58. Wasserstoff – Energie-Systeme GmbH. www.h-tec.com

R. Bernard, B. Kerr. (2005). <http://www.solarcooking.org>

H. Tan. (2002). <http://www.solarcooking.org>

R. Ravera. (2004). <http://tabloide.eurofull.com/shop/detallenot.asp?notid=356>

ABSTRACT

In this paper, several laboratories destined to the Renewable Energy teaching in an introductory undergraduate course are shown. This course is in the first year of the Renewable Energy Licenciature that is imparted in the Salta National University, in Argentine. The objectives of those laboratories is introduce the students to simples tests using chips elements, learning about the applications of the tested systems and taking some experiences with measuring equipments. In the course, the students learn about the different Renewable Energy applications, into the frame of the world energy crisis and the global warming due to the fossil fuel use, developing a critical and reflexive point of view of those actual problems. Take into account the participation of the students in the proposed activities, the pedagogical axis “make your self, tested it, how it works, and report it”, that the laboratories were oriented, was highly profitable.

Keywords: teaching, didactic laboratories, chips tests, renewable energy.